

AD-A245 602



Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Fysisch en Elektronisch
Laboratorium TNO

TD

Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage
Oude Waalsdorperweg 63
's-Gravenhage

Telefax 070 - 328 09 61
Telefoon 070 - 326 42 21

TNO-rapport

rapport no.
FEL-91-B345

exemplaar no.

7

titel

Evaluatie rijsimulator-instellingen voor de
DAF YA-4440

1

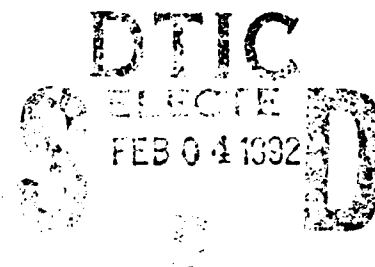
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO', dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

TNO

auteur(s):

Drs. T.M. Dokoupil



datum: Oktober 1991

TDCK RAPPORTENCENTRALE
Frederikkazerne, Geb. 140
van den Burchlaan 31
Telefoon: 070-3166394/6395
Telefax : (31) 070-3166202
Postbus 90701
2509 LS Den Haag TDCK

rubricering

titel

: Ongerubriceerd

samenvatting

: Ongerubriceerd

rapporttekst

: Ongerubriceerd

This document has been approved
for public release and sale; its
distribution is unlimited.

oplage

: 23

aantal bladzijden

: 22 (excl. RDP & dist. lijst)

aantal bijlagen

: 0

92-02812



92 02812



Rapport nr. : FEL-91-B345
Titel : Evaluatie rijsimulator-instellingen voor de DAF YA-4440
Auteur(s) : Drs. T.M. Dokoupil
Instituut : Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO
Datum : Oktober 1991

HDO-opdrachtnummer : A81KL131
Nr. in IWP'91 : 707.1
Onderzoek uitgevoerd o.l.v. : Dr. H.F.R. Arciszewski
Onderzoek uitgevoerd door : Drs. T.M. Dokoupil

SAMENVATTING (ONGERUBRICEERD)

Tot de instellingen, noodzakelijk voor het uitvoeren van een rijsimulatie met de Universele Dynamometerbank, behoren de zogeheten K-factoren. Voor het bepalen van geschikte instelwaarden voor deze voertuigcoëfficiënten is door het Fysisch en Elektronisch Laboratorium een algoritme ontwikkeld (zie FEL-91-B292). Dit document vormt de evaluatie van de K-factoren instellingen berekend met het algoritme voor de DAF YA-4440.



Approved For	
NTIS - CP434	
DTIC - TAB	
Unannounced	
Justification	
By	
Date	
Availability	
Dist	A-1

Report no. : FEL-91-B345
Title : Evaluation drive simulator settings for DAF YA-4440
Author(s) : Drs. T.M. Dokoupil
Institute : TNO Physics and Electronics Laboratory
Date : October 1991

NDRO no. : A81KL131
No. in pow '91 : 707.1
Research supervised by : Dr. H.F.R. Arciszewski
Research carried out by : Drs. T.M. Dokoupil

ABSTRACT (UNCLASSIFIED)

For simulating a drive of a vehicle on the Universele Dynamometerbank so called K-Factors have to be set. These K-factors correspond with friction coefficients of the vehicle to be simulated. For the determination of the K-factors the Physics and Electronics Laboratory developed the so called Schatter algorithm. This document is the evaluation of this algorithm for the DAF YA-4440.

1

INHOUD

	SAMENVATTING	2
	ABSTRACT	3
1	INLEIDING	5
2	THEORIE	6
2.1	De bewegingsvergelijking	6
2.2	De oplossingen van de differentiaalvergelijking voor bijzondere gevallen	7
3	CONSISTENTIE	10
4	IJKING	12
5	WEG- EN GESIMULEERDE UITROLCURVES	16
5.1	Vergelijking theoretische wegcurve en gesimuleerde uitrolcurve	16
5.2	Invloed kleine verandering K1	17
5.3	Gesimuleerde en gemeten uitrolcurves	19
6	CONCLUSIES	21
	REFERENTIES	22

1 INLEIDING

Tot de instellingen noodzakelijk voor het maken van een rijsimulatie met een voertuig op de Universele Dynamometerbank (UDB) behoren de zogeheten K-factoren. Er zijn vier K-factoren: K_1 , K_2 , K_3 en K_4 . Voor de bepaling van K_1 , K_2 en K_3 is op het Fysisch en Elektronisch Laboratorium een algoritme ontwikkeld (het zogeheten schatteralgoritme) dat uit een op de weg gemeten uitrolcurve deze met wrijvingscoëfficiënten corresponderende factoren berekent^[1]. K_4 is het product van de massa van het voertuig, het kwadraat van de dynamische wielradius en een schaafactor. Het schatteralgoritme kan de op de weg gemeten uitrolcurves goed benaderen: de theoretische uitrolcurves die behoren bij de berekende K-factoren vallen praktisch samen met de op de weg gemeten uitrolcurves^[1].

Het doel van deze evaluatie was na te gaan of voor de DAF YA-4440 de uitrolcurves gemaakt op de UDB overeenkomen met de wegmetingen.

2 THEORIE

Aangezien er uitrolcurves op de UDB gemeten zijn met één of meer K-factoren gelijk gesteld aan nul kan het gebruikte model ten behoeve van begripsvorming vereenvoudigd worden. Omdat de nadruk bij deze evaluatie ligt op het reproduceren m.b.v. K-factoren van een uitrolcurve, en niet zozeer op de waarde van fysische coëfficiënten, wordt de fysische bewegingsvergelijking herschreven met K-factoren.

2.1 De bewegingsvergelijking

De bewegingsvergelijking die ten grondslag ligt aan de Universele Dynamometerbank met fysische coëfficiënten f_1 , f_2 en c_w luidt:

$$M = m r^2 \omega' + m g r f_1 + m g r^2 f_2 \omega + A \rho r^3 c_w \omega^2 / 2 \quad (1)$$

waarbij:

M	het op de aandrijfas aangrijpende moment voorstelt;
m	de massa van het voertuig voorstelt;
r	de dynamische wielradius voorstelt;
ω	de hoeksnelheid van een wiel van het voertuig voorstelt;
ω'	de eerste afgeleide van de hoeksnelheid van een wiel naar de tijd voorstelt;
ρ	de luchtdichtheid voorstelt;
g	de gravitatieversnelling voorstelt;
A	het effectieve oppervlak van het voertuig voorstelt;
f_1	de snelheidsonafhankelijke wrijvingscoëfficiënt voorstelt;
f_2	de lineair snelheidsafhankelijke wrijvingscoëfficiënt voorstelt;
c_w	de luchtweerstandcoëfficiënt voorstelt.

De conversieformules om K_1 , K_2 en K_3 uit f_1 , f_2 en c_w te berekenen volgen hieronder:

$$K_1 = \frac{m g r}{12} f_1$$

$$K_2 = \frac{50 m g r^2}{3} f_2$$

$$K_3 = \frac{500 A \rho r^3}{3} c_w$$

Voor K_4 geldt:

$$K_4 = 2 * m r^2 / 5$$

Hieruit volgt de bewegingsvergelijking met K-factoren:

$$M = (5/2) K_4 \omega' + 12 K_1 + (3/50) K_2 \omega + (3/1000) K_3 \omega^2 \quad (2)$$

Tijdens uitrollen is M altijd gelijk aan nul:

$$5 K_4 \omega' = - 24 * K_1 - (3 / 25) * K_2 \omega - (3 / 500) K_3 \omega^2 \quad (3)$$

2.2 De oplossingen van de differentiaalvergelijking voor bijzondere gevallen

Voor ijkingsdoeleinden worden in dit hoofdstuk de oplossingen van de differentiaalvergelijking gegeven voor verschillende combinaties van K_1 , K_2 , K_3 en K_4 . ω_0 staat in de oplossingen steeds voor de beginhoeksnelheid ten tijde van de start- of referentietijd $t = 0$.

De bewegingsvergelijking voor $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (\neq 0, 0, 0, >0)$ is:

$$5 K_4 \omega' = - 24 * K_1 \quad (4)$$

De oplossing van deze vergelijking is:

$$\omega(t) = -(24/5) * (K_1/K_4) * t + \omega_0 \quad (5)$$

Merk op dat ω lineair afhankelijk is van de tijd.

Indien alleen K_3 nul is luidt de bewegingsvergelijking:

$$5 K_4 d\omega/dt = - 24 * K_1 - (3 / 25) * K_2 \omega \quad (6)$$

De oplossing is:

$$\omega(t) = ((c_1+c_2*\omega_0)/c_2)*EXP(-(c_2/c_4)t) -(c_1/c_2) \quad (7)$$

waarbij:

ω_0 staat voor de beginsnelheid;

$$c_1 = 24 K_1$$

$$c_2 = (3/25) K_2$$

$$c_4 = 5 K_4$$

Merk op dat ω exponentieel afhankelijk is van t .

Voor $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (\neq 0, 0, >0, >0)$ luidt de bewegingsvergelijking:

$$5 K_4 \omega' = -24 * K_1 - (3 / 500) K_3 \omega^2 \quad (8)$$

De oplossing van de bewegingsvergelijking is nu afhankelijk van het teken van K_1 . Omdat een negatieve K_1 een constante acceleratieterm voorstelt, wordt alleen de oplossing voor positieve K_1 gegeven:

$$\omega(t) = \sqrt{c_1/c_3} * \tan(\arctan(\sqrt{c_3/c_1} * \omega_0)) - \sqrt{c_1 * c_3} * t/c_4 \quad (9)$$

waarbij:

$$c_1 = -24 K_1$$

$$c_3 = 3 K_3/500$$

$$c_4 = 5 K_4$$

Merk op dat ω niet-lineair afhankelijk is van t .

3 CONSISTENTIE

Om de UDB te controleren op consistentie zijn er voor een aantal instellingen van de K-factoren uitrolcurves gemaakt op de UDB met en zonder DAF YA-4440.

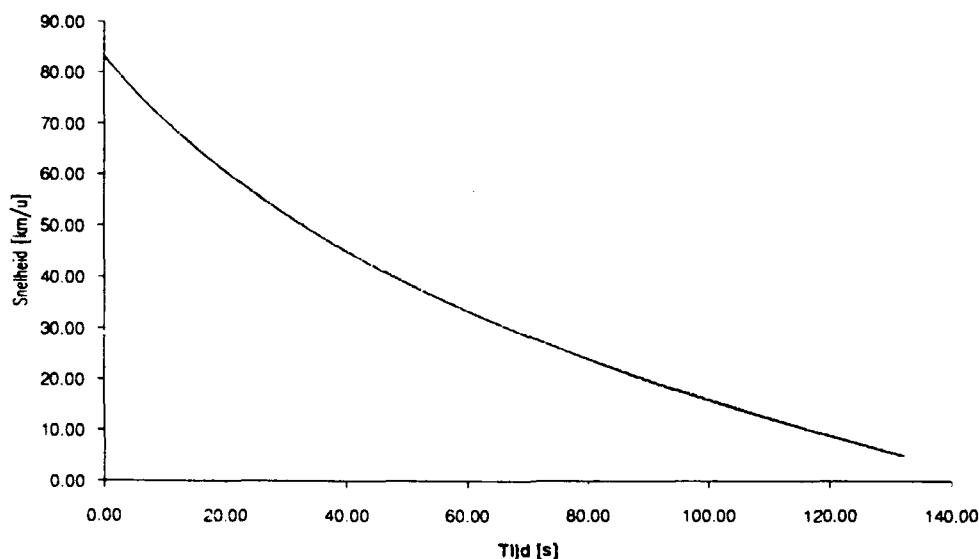


Fig. 3.1. Drie UDB-uitrolcurves met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (36, 20, 170, 754)$ met DAF YA-4440.

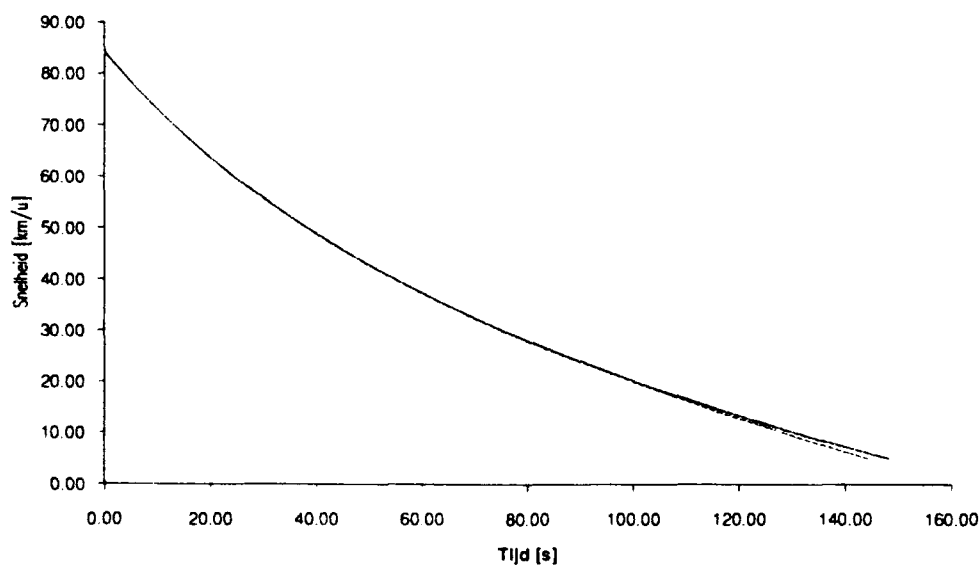


Fig. 3.2. Drie UDB-uitrolcurves met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (23, 95, 113, 754)$ zonder voertuig.

Deze en andere hier niet getoonde grafieken geven aan dat de UDB met en zonder DAF YA-4440 consistente uitrolcurves produceert; in de grafieken vallen immers de uitrolcurves praktisch samen. De uitroltijden verschillen maximaal 3%. Figuur 3.2 toont het grootste geconstateerde verschil in de uitroltijden.

4 IJ KING

Wanneer theoretische uitrolcurves vergeleken worden met UDB-uitrolcurves gemaakt zonder voertuig voor $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (>0, 0, \geq 0, >0)$, dan blijkt dat er een verschil tussen de uitroltijden bestaat. Daartoe een tweetal voorbeelden:

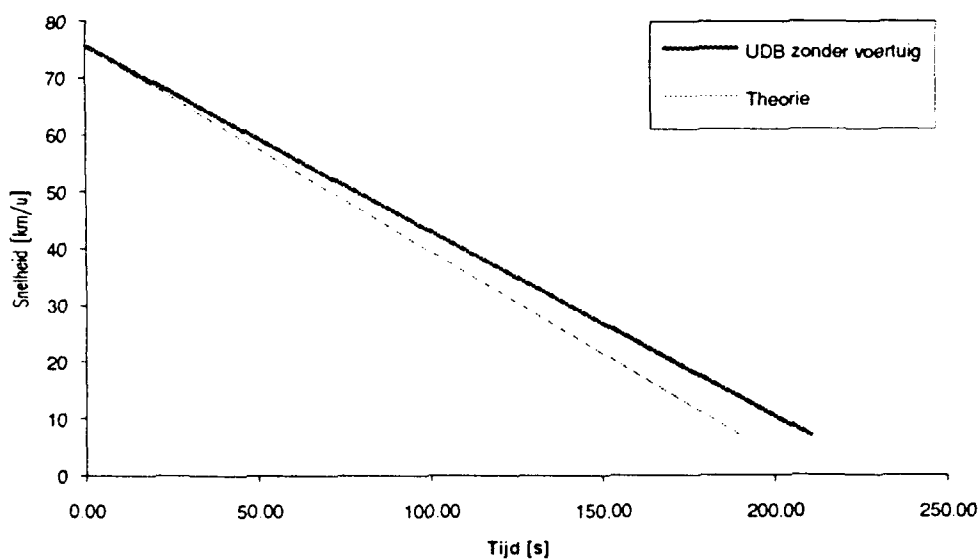


Fig. 4.1. Theoretische en UDB-uitrolcurve zonder voertuig met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (30, 0, 0, 754)$.

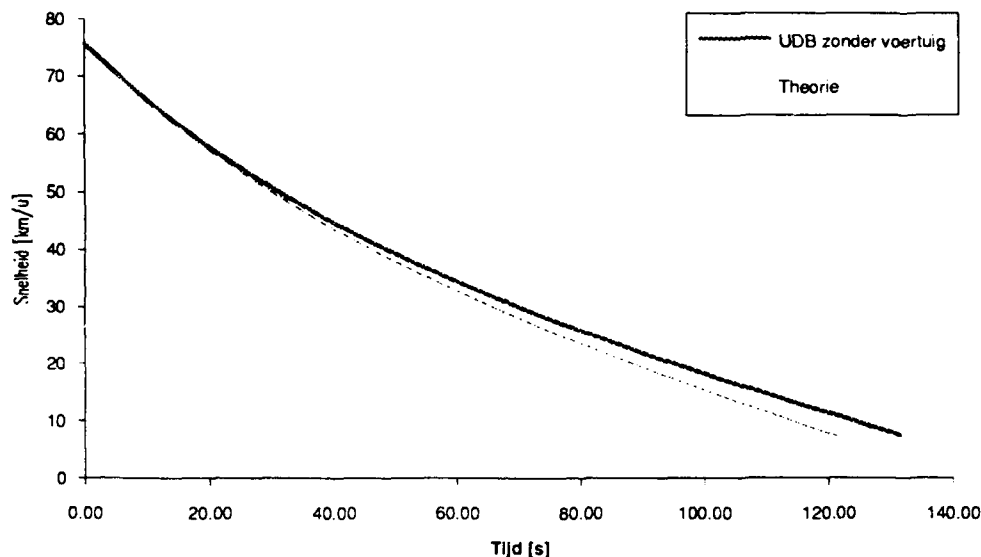


Fig. 4.2. Theoretische en UDB-uitrolcurve zonder voertuig met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (30, 0, 150, 754)$.

De UDB-uitrolcurve blijkt systematisch een langere uitroltijd te hebben dan volgens de theorie zou moeten. De verschillen in de uitroltijd blijken bij uitrolcurves, waarvoor $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (>0, 0, 0, >0)$, proportioneel te zijn met de uitroltijd. Voor een aantal verschillende waarden voor K_1 zijn de verschillen in de uitroltijden berekend tussen UDB-uitrolcurves gemaakt zonder voertuig en theoretische uitrolcurves. De resultaten (K_4 is constant 754) zijn in tabel 1 weergegeven.

Omdat K_1 kleiner is dan K_4 heeft een kleine absolute verandering in K_1 grotere gevolgen voor de UDB-uitrolcurve dan een kleine verandering in K_4 . Het is dus voor de hand liggend om een *offset* te bepalen in K_1 en niet in K_4 .

Uit de bewegingsvergelijking (4) voor $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (>0, 0, 0, >0)$ volgt:

$$\Delta K_1 = (\omega_{\text{Eind}} - \omega_0) * K_4 * (-5/24) / \Delta t \quad (10)$$

waarbij:

- ω_0 de startsnelheid voorstelt;
 ω_{Eind} de eindsnelheid (snelheid waarop metingen gestaakt wordt) voorstelt;
 Δt het verschil in de uitroltijden om te decelereren van ω_0 tot ω_{Eind} voorstelt;
 ΔK_1 is het verschil tussen de ingestelde K_1 -waarde en de werkelijke K_1 -waarde.

Tabel 1

K_1 ingesteld	Uitroltijd UDB-bank zonder voertuig [s]	Uitroltijd theorie [s]	Vershil uitroltijden Δt [s]	ΔK_1
30	188.5	208.8	-20.3	-2.9
50	113.1	120.6	-7.5	-3.1
75	75.4	78.7	-3.3	-3.1
100	56.5	58.3	-1.8	-3.0
150	37.7	38.5	-0.8	-3.1
200	28.2	28.8	-0.6	-3.6

Merk op dat de onbetrouwbaarheid van ΔK_1 toeneemt naarmate Δt afneemt, terwijl de absolute fout in Δt in de orde van 0.2 - 0.3 s blijft. De enigszins afwijkende waarde voor ΔK_1 voor $K_1 = 200$ t.o.v. de gemiddelde waarde van ΔK_1 is dan ook niet verontrustend.

Uit tabel 1 kan geconcludeerd worden dat K_1 een offsetwaarde heeft ter grootte van 3.0.

De theoretische uitrolcurves met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (k_1 - 3 > 0, 0, k_3 \geq 0, k_4 > 0)$ vallen samen met de op de UDB gemeten uitrolcurves zonder voertuig met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (k_1 > 0, 0, k_3 \geq 0, k_4 > 0)$ (zie fig. 4.3 en 4.4). Eventuele afwijkingen in K_2 en K_3 blijken in dit specifieke geval nauwelijks van belang te zijn.

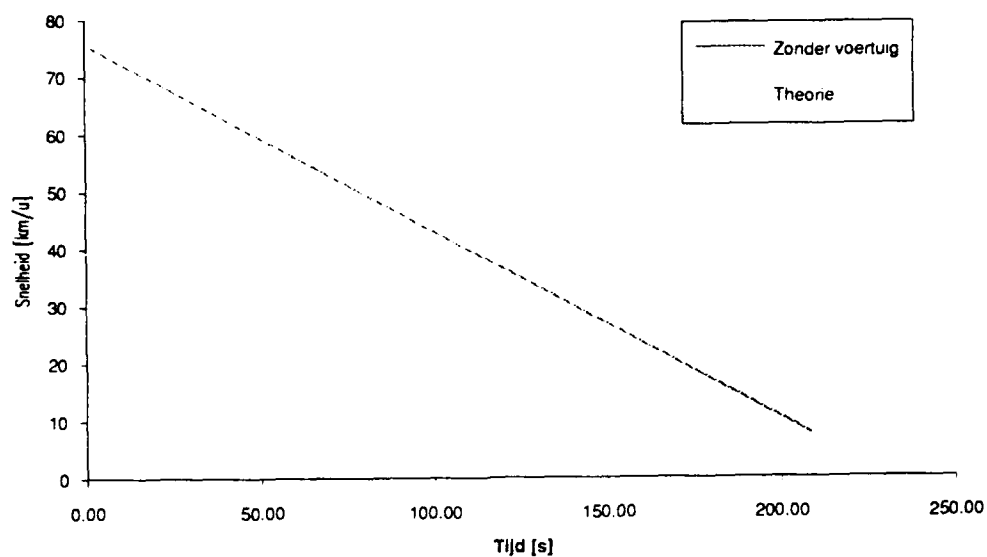


Fig. 4.3. Theoretische uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (27, 0, 0, 754)$ en UDB-uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (30, 0, 0, 754)$ zonder voertuig.

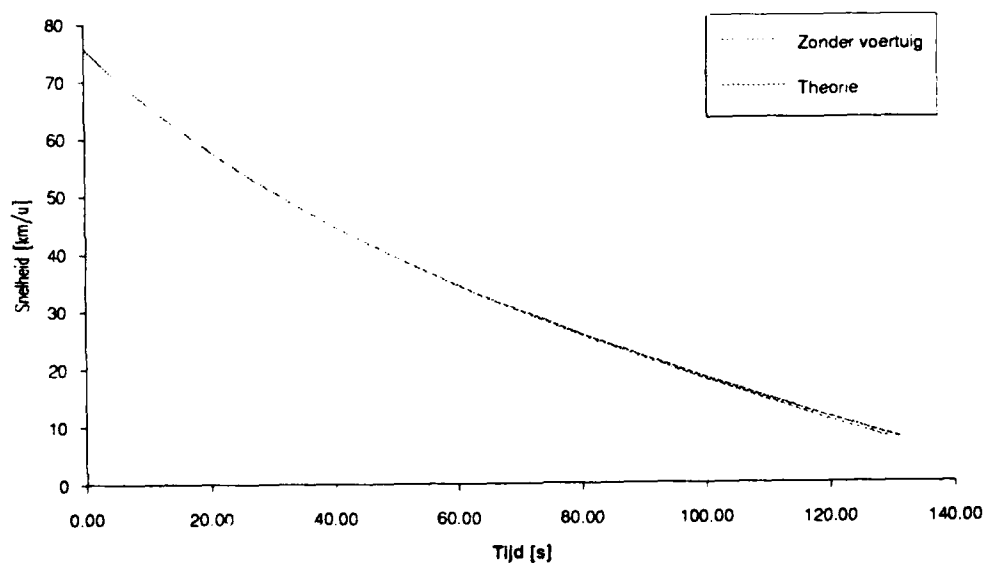


Fig. 4.4. Theoretische uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (27, 0, 150, 754)$ en UDB-uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (30, 0, 150, 754)$ zonder voertuig.

5 WEG- EN GESIMULEERDE UITROLCURVES

5.1 Vergelijking theoretische wegcurve en gesimuleerde uitrolcurve

Om een uitrolcurve gemaakt op de weg te simuleren met de UDB werden de met het Schatterprogramma voor de DAF YA-4440 berekende K-factoren ingesteld, waarbij K_2 gelijk gesteld werd aan nul en K_1 vermeerderd werd met 3. Hierbij wordt verondersteld dat de snelheidsafhankelijke wrijvingsterm (K_2) vooral een gevolg is van interne frictie in de aandrijftrijn van het voertuig zelf en dus niet gesimuleerd dient te worden op de bank, indien datzelfde voertuig daarop getest wordt.

In figuur 5.1.1 wordt de optimale curve gebaseerd op Uitrol1A^[1] getoond. De door het schatteralgoritme bepaalde K-factor instellingen zijn $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (22, 94, 114, 754)$. Eveneens in de figuur is de berekende UDB-uitrolcurve gemaakt met de gecorrigeerde K-factoreninstelling $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (25, 0, 114, 754)$.

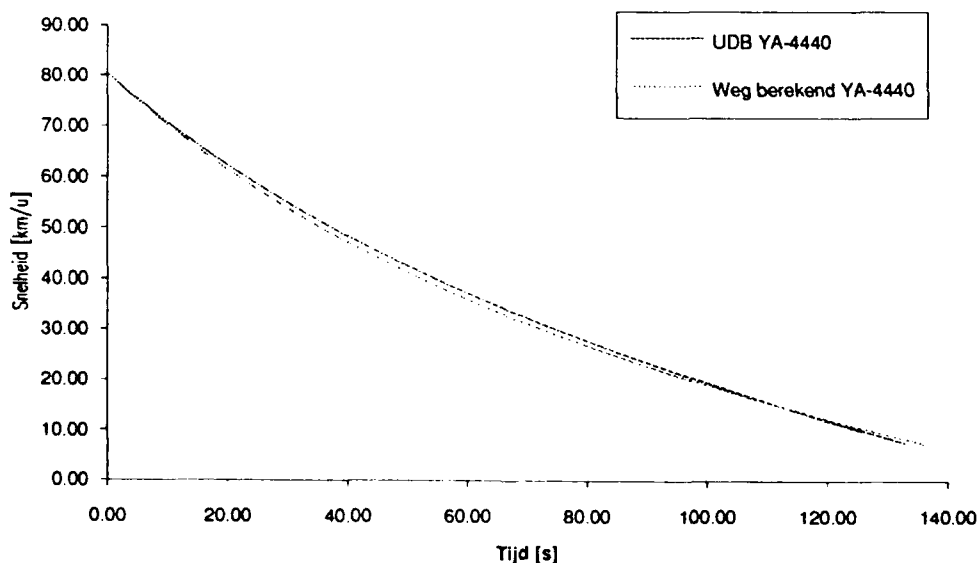


Fig. 5.1.1. Berekende Uitrol1A en de UDB-uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (25, 0, 114, 754)$ en DAF YA-4440.

In figuur 5.1.2 worden de berekende curve voor de wegmeting Uitrol2A^[1] (K_1, K_2, K_3, K_4) = (23,96,111,754) en de bijbehorende UDB-uitrolcurve met (K_1, K_2, K_3, K_4) = (26,0,111,754) getoond.

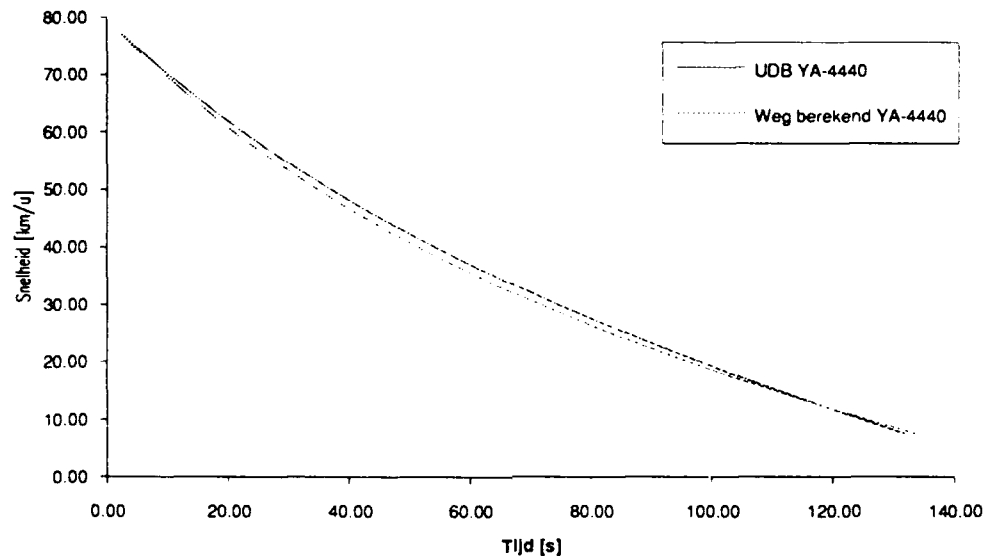


Fig. 5.1.2. Berekende Uitrol2A en de UDB-uitrolcurve met (K_1, K_2, K_3, K_4)=(26,0,111,754) en DAF YA-4440.

De gesimuleerde uitrolcurves benaderen de berekende uitrolcurves goed.

5.2 Invloed kleine verandering K_1

Om de invloed van een kleine verandering in K_1 na te gaan werden verschillende UDB-uitrolcurves gemaakt met voor K_1 afwijkende waarden.

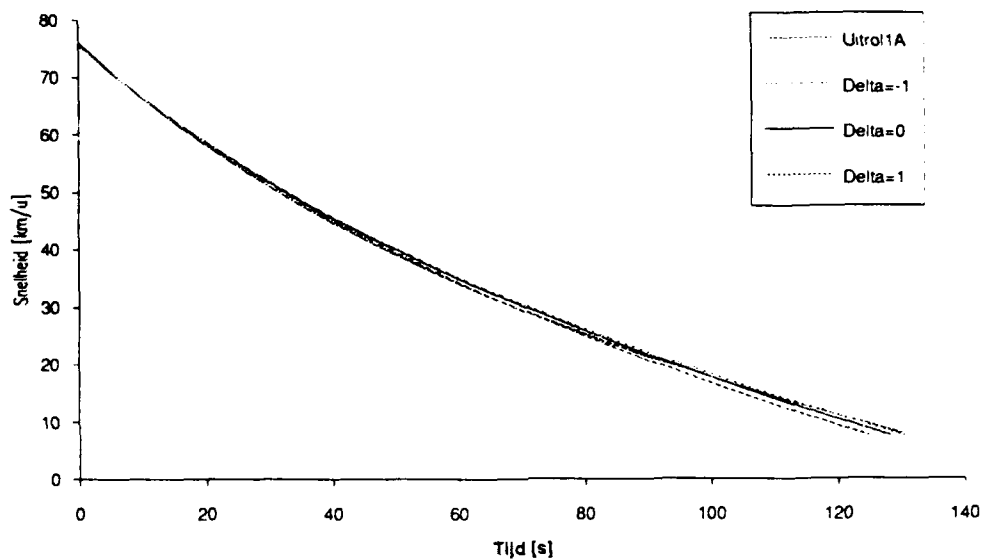


Fig. 5.2.1. Berekende Uitrol1A en UDB-uitrolcurves met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (25 + \Delta, 0, 114, 754)$ met $\Delta = -1, 0, 1$ en DAF YA-4440.

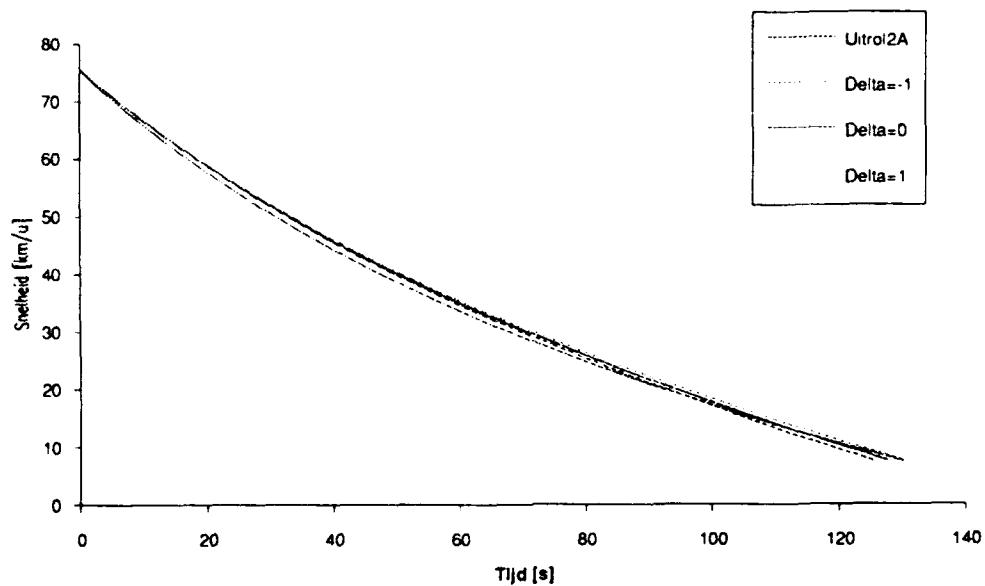


Fig. 5.2.2. Berekende Uitrol2A en UDB-uitrolcurves met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (26 + \Delta, 0, 111, 754)$ met $\Delta = -1, 0, 1$ en DAF YA-4440.

Hieruit blijkt dat een kleine verandering in K_1 geen grote gevolgen heeft voor de ligging van de gesimuleerde uitrolcurve t.o.v. de uit de wegmetingen berekende curve.

5.3 Gesimuleerde en gemeten uitrolcurves

Tot slot worden gesimuleerde en op de weg gemeten uitrolcurves met elkaar vergeleken. Enige voorzichtigheid is op zijn plaats aangezien de K-factoren afgeronde waarden zijn en in de praktijk gebleken is dat verschillende sets K-factoren eenzelfde uitrolcurve goed kunnen beschrijven.

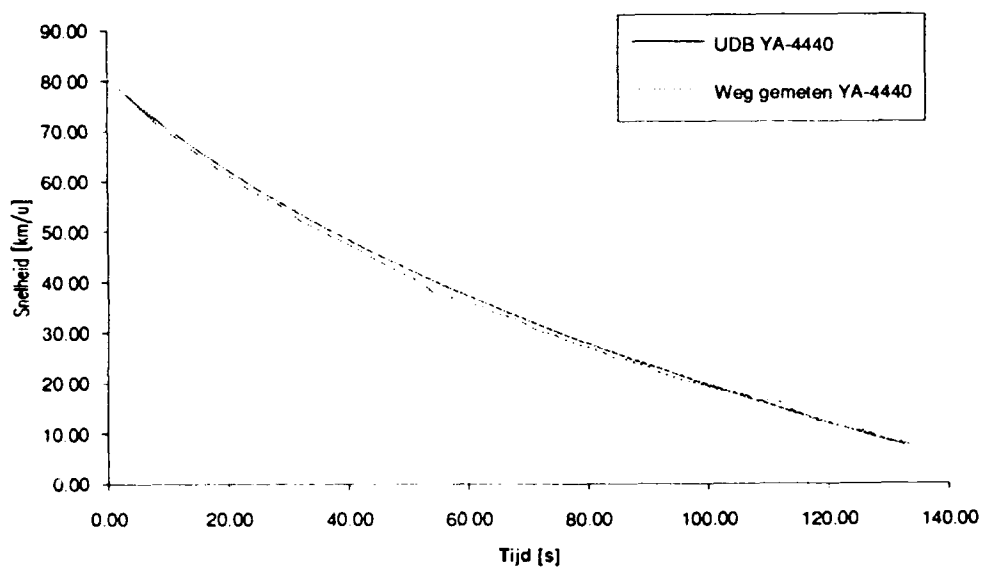


Fig. 5.3.1. Gemeten UitrollA en de UDB-uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (25, 0, 114, 754)$ met DAF YA-4440.

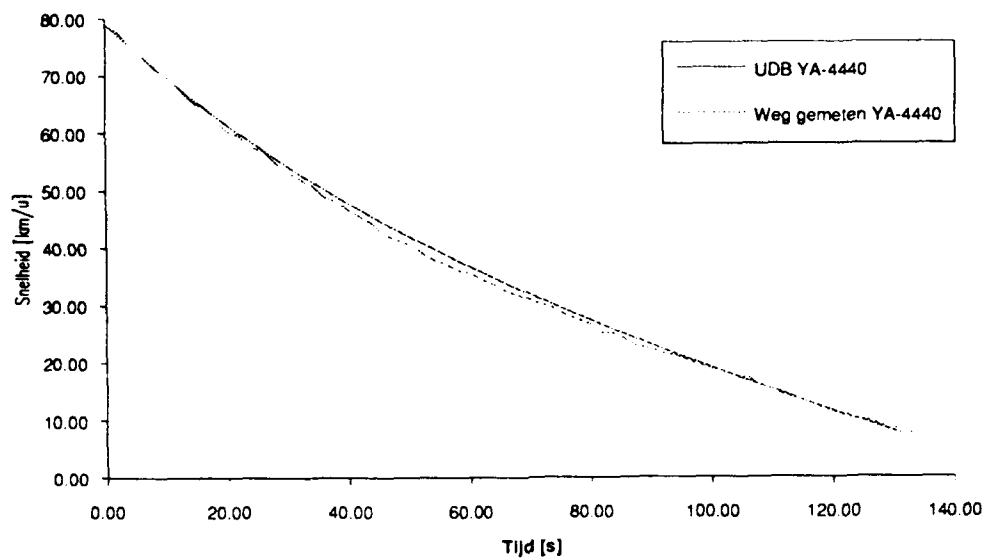


Fig. 5.3.2. Gemeten Uitrol2A en de UDB-uitrolcurve met $(K_1, K_2, K_3, K_4) = (26, 0, 111, 754)$ en DAF YA-4440.

Uit de grafieken blijkt een goede overeenstemming tussen beide types metingen.

6 CONCLUSIES

De instellingen voor de K-factoren voor de DAF YA-4440 kunnen bepaald worden m.b.v. het schatteralgoritme, en geven een goede overeenstemming tussen wegmetingen en simulatormetingen. Voor K_1 is hierbij een offsetwaarde ter grootte van 3 in acht genomen. K_2 is hierbij op de UDB gelijk gesteld aan nul. Onzeker is of K_2 gelijk aan nul stellen voor alle typen voertuigen geldt.

De correcties op de resultaten van het schatteralgoritme voldoen voor de DAF YA-4440. Er kan echter niet gegarandeerd worden dat de correcties in het algemeen voldoen voor het uitvoeren van rijsimulaties.

Verdere verbetering is waarschijnlijk mogelijk indien de K-factoren ingesteld kunnen worden met grotere relatieve nauwkeurigheid.

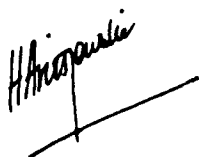
Naar aanleiding van deze resultaten wordt een andere kaart in de UDB geïnstalleerd, waarmee de K-factoren met hogere relatieve nauwkeurigheid ingesteld kunnen worden.

REFERENTIES

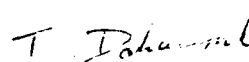
- [1] Drs. T.M. Dokoupil, Onderzoek naar de bepaling van wrijvingscoëfficiënten van een voertuig uit uitrolcurves, rapport FEL-91-B292.



Groepsleider
Ir. W.G. de Jong



Projectleider
Dr. H.F.R. Arciszewski



Auteur
Drs. T.M. Dokoupil

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD91-3887	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER FEL-91-B345
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 22546	5. CONTRACT NUMBER A81KL131	6. REPORT DATE OCTOBER 1991
7. NUMBER OF PAGES 22 (EXCL RDP & DIST. LIST)	8. NUMBER OF REFERENCES 1	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED FINAL REPORT
10. TITLE AND SUBTITLE EVALUATIE RIJSIMULATOR-INSTELLINGEN VOOR DE DAF YA-4440 (EVALUATION OF DRIVE SIMULATOR SETTINGS FOR DAF YA-4440)		
11. AUTHOR(S) T.M. DOKOUPIL		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY, P.O. BOX 96864, 2509 JG THE HAGUE OUDE WAALSDORPERWEG 63, THE HAGUE, THE NETHERLANDS		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) NETHERLANDS MINISTRY OF DEFENCE		
14. SUPPLEMENTARY NOTES THE PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY IS PART OF THE NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 POSITIONS) FOR SIMULATING A DRIVE OF A VEHICLE ON THE UNIVERSELE DYNAMOMETERBANK SO CALLED K-FACTORS HAVE TO BE SET. THESE K-FACTORS CORRESPOND WITH FRICTION COEFFICIENTS OF THE VEHICLE TO BE SIMULATED. FOR THE DETERMINATION OF THE K-FACTORS THE PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY DEVELOPED THE SO CALLED SCH. ATTER ALGORITHM. THIS DOCUMENT IS THE EVALUATION OF THIS ALGORITHM FOR THE DAF YA-4440.		
16. DESCRIPTORS EVALUATION FRICTION COEFFICIENT NUMERICAL APPROXIMATION VEHICLE RESEARCH VEHICLE RESISTANCE TO MOTION		IDENTIFIERS VEHICLE FRICTION COEFFICIENTS VEHICLE DECELERATION CURVE
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) UNCLASSIFIED	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) UNCLASSIFIED	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) UNCLASSIFIED
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT UNLIMITED		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) UNCLASSIFIED